Münster 1936 No 291
MED DISS
Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster - Westf.

Über den Einfluß der Alkalichloride auf die Eiweißverdauung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von
Roelof Teerling, Zahnarzt
aus Rheine i. Westf.

1936

Gedruckt in der Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

Dekan: Professor Dr. med. K. W. Jötten

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Meiner lieben Frau

für treue Mitarbeit während meiner Studienzeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547221_0156

Die Bedeutung der Neutralsalze für die menschliche Ernährung und ihr Einfluß auf die verschiedensten Stoffwechselvorgänge waren bereits seit langem bekannt. So liegen denn auch im Schrifttum zahlreiche Arbeiten vor, die derartigen Untersuchungen gewidmet waren. Spärlich sind dagegen die Angaben über den besonderen Einfluß der Alkalichloride auf die Eiweißverdauung, und vor allem sind die vorhandenen Untersuchungsergebnisse so widersprechend, daß eine neue Untersuchung durchaus lohnend erschien, ja sogar zur Nachprüfung der im Schrifttum niedergelegten Angaben herausforderte.

Der Einfluß eines Agens auf Verdauungsvorgänge wird bestimmt durch seine Wirksamkeit auf die Fermente. Nach Starkenstein[1]) spielen die Neutralsalze bei der Fermentwirkung eine große Rolle. Die Einwirkung wird als teils hemmend, teils fördernd angegeben. Zur genauen Kontrolle der Salzwirkung auf das Ferment ist Vorbedingung, daß das Ferment in völlig salzfreier Lösung vorhanden ist, da u. U. der geringe Salzgehalt der Ausgangslösung die optimale Zugabegrenze darstellen kann, innerhalb der z. B. eine Förderung möglich wäre, während darüber hinausgehender Zusatz eine Hemmung der Fermentwirkung hervorrufen kann. Entgegen den Ergebnissen älterer Arbeiten, die alle den Neutralsalzen eine fördernde Wirkung auf den Eiweißstoffwechsel zuschreiben, fand Schütz[2]) einen hemmenden Einfluß der Neutralsalze, von den Kationen am stärksten Natrium, während Ringer[3]) die Kaliumsalze als am meisten hemmend angibt und zwar in der Reihenfolge Kaliumcyanid, Kaliumchlorid und Kaliumsulfat. In schwacher Konzentration von 0,025% fand er dagegen eine leichte Förderung der Trypsinverdauung durch Kaliumchlorid. Auch Levites[4]) bestätigt die hemmende Einwirkung der Neutralsalze auf die

---

[1]) Starkenstein: Ueber Fermentwirkung und deren Beeinflussung durch Neutralsalze. Biochem. Zs. 24, 210 (1910).

[2]) Schütz: Ueber die Hemmung der Pepsinwirkung durch Salze. Hofmeister Beitr. 5, 406 (1904).

[3]) Ringer: Einwirkung der Reaktion auf die Wirkung des Trypsins. Zs. phys. Chem. 124, 171 (1922).

[4]) Levites: Ueber den Einfluß neutr. Salze auf die peptische Spaltung des Eiweißes. Zs. Physikal. Chem. 48, 187 (1906).

peptische Spaltung des Eiweißes und zwar in steigendem Maße mit Zunahme der Salzkonzentration. Er fand weiter eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Wirkung der Neutralsalze, die er auf den Säureanteil, die Anionen, zurückgeführt, indem sich die Anionen in ihrer hemmenden Wirkung in einer Reihenfolge anordnen lassen, die mit den Affinitätskonstanten der Säuren übereinstimmen. Die Wirkung der Salze steht in umgekehrt proportionalem Verhältnis zur Affinitätskonstanten der Säure. Das bedeutet also, daß die Einwirkung eines Salzes um so stärker ist, je schwächer und damit je weniger dissoziiert die Säure ist. Natriumacetat muß infolgedessen die Wirkung von Pepsin-Salzsäure stärker herabsetzen als die Salze von starken Säuren z. B. Natriumsulfat oder Natriumchlorid. Durch Umsetzen vom Natriumacetat mit der Salzsäure bildet sich Natriumchlorid und die schwachdissoziierte Essigsäure. Die schwächere Essigsäure wird dabei durch die stärkere Salzsäure in Freiheit gesetzt. Die freie Salzsäure verschwindet teilweise, sodaß der optimale Säuregrad bei der Pepsinwirkung nicht mehr vorhanden ist und die Eiweißverdauung gehemmt wird. Diese Beziehungen haben jedoch für die Salze von starken Säuren keine Gültigkeit, da sie ihren Säuregrad nicht verändern. Bei der tryptischen Verdauung fand Weiß[5]) eine Förderung durch Natriumchlorid in schwacher Konzentration von 0,05%; bei 0,5% war der Einfluß aufgehoben. Bei 10% Na Cl beobachtete er dagegen eine Hemmung von ca. 13%. Für die Kaliumsalze ergaben sich ähnliche Verhältnisse, doch standen die Kaliumchloride in der Wirkung den Natriumchloriden nach. Nach Kudo[6]) sollen die Neutralsalze stets nur hemmende Wirkung auf die tryptische Verdauung ausüben. Eine Förderung, wie sie von Heidenhain, Dietze, Chittenden und Weiß beobachtet wurde, will er in keinem Falle festgestellt haben.

Die sich widersprechenden Ergebnisse der im Schrifttum vorgefundenen Untersuchungen über den Einfluß der Alkalisalze auf die Eiweißverdauung sind darauf zurückzuführen, daß bei älteren Arbeiten der pH, der wegen des Quellungs- und Ionisierungszustandes des Substrates von besonderer Wichtigkeit ist, nicht gemessen wurde. Erst nachdem man als Wertmesser für die Stärke einer Säure oder Base die Wasserstoffionenkonzentration zugrunde legte und bei den Versuchsarbeiten berücksichtigte, wurden die Widersprüche in den Ergebnissen geringer.

---

[5]) Weiß: Zur Kenntnis der Trypsinverdauung. Zs. Physiol. Chem. 40, 480 (1904).

[6]) Kudo: Ueber den Einfluß von Neutralsalzen auf das Trypsin. Biochem. Zs. 15, 471 (1908).

Außerdem dürfte der Grund für die gegensätzlichen Angaben in Ungenauigkeiten und der Verschiedenheit der angewandten Methodik zu finden sein. Es war somit die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, den Einfluß von Lithium-, Natrium- und Kaliumchlorid auf die Eiweißverdauung erneut zu untersuchen und zur Klärung der im Schrifttum vorhandenen Widersprüche beizutragen.

Methodik.

Auf jodometrischem Wege wurde die Bestimmung der Eiweißabbauprodukte vorgenommen. Nach eingehenden Versuchen wurde im hiesigen Institut die jodometrische Bestimmungsmethode von Utkin[7]), die gewisse Schwierigkeiten in der genauen Ermittelung der Kupferwerte bietet, weiter verbessert, wie sie in der Arbeit von Wäsche[8]) beschrieben ist. Nach dieser Methode wurden die Eiweißstoffe bezw. Eiweißabbauprodukte

1. Casein, 2. Eiereiweiß, 3. Gelatine, 4. Pepton untersucht. Die Versuchsansätze waren folgendermaßen zusammengesetzt:

I. Bei der Pepsinverdauung.

10 ccm salzsaure Casein- bezw. Eiereiweißlösung 3%,
10 ccm Zusätze (Li-Cl, Na-Cl, K-Cl),
10 ccm Pepsin 1% (Pepsin. absolut. Merck).

II. Bei der Pankreatinverdauung.

5 ccm 6% Càsein-, Gelatine- bezw. Peptonlösung,
10 ccm Boratpuffer von pH = 8,3,
10 ccm Zusätze wie bei I.,
5 ccm 2% Pankreatinlösung (Pankreat. absol. Merck).

Zur Herstellung der Boratpufferlösung wurden 7,4 g. Borsäure und 26,7 g. Borax in 2 Liter Aqua dest. gelöst.

Bei den Kontrollversuchen wurden Li-Cl, Na-Cl und K-Cl durch aqua dest. ersetzt.

Zu jedem Versuch wurden die Fermentlösungen frisch bereitet und filtriert.

---

[7]) Utkin: Biochem. Zs. 267, 69 (1933).
[8]) Wäsche: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.

Die Pankreatin- bezw. Pepsinkonzentration betrug im Versuch 0,2%, die Konzentration der Casein-, Gelatine-, Eiereiweiß- und Peptonlösung je 1%. Die Konzentration der Salzsäure bei den Pepsinversuchen war 0,05 n.

Die Versuche wurden, wie aus den nachstehenden Tabellen ersichtlich ist, in doppelter Weise durchgeführt und zwar bei Zimmertemperatur von ca. 18° C. und im Wärmeschrank bei einer Temperatur von ca. 37° C. Die Dauer der Versuche betrug 5 bezw. 12 Stunden. Nach Ablauf der Versuchszeit wurde die Verdauung unterbrochen durch einen Zusatz von 20 ccm. 10% Kupfersulfat und 50 ccm einer Suspension von Magnesiumoxyd. Nach öfterem Durchschütteln und einer Wartezeit von ca. ½ Stunde wurden die Ansätze durch Faltenfilter filtriert. Die Filtrate waren klar und von violett bis bläulicher Färbung. Das Kupfersulfat bildet durch Umsetzung mit Magnesiumhydroxyd $Cu(OH)_2$, das ungelöstes Eiweiß niederschlägt. Nun wurden zur Bestimmung des in Lösung gegangenen Kupfers (Biuretreaktion) 50 ccm des Filtrates mit 3 ccm Eisessig angesäuert, wodurch die blaue Kupferfärbung verschwindet. Nach Zusatz von 6 ccm Kaliumjodidlösung färbt sich das Filtrat durch das frei werdende Jod braun und nach weiterer Zugabe von 1 ccm 1% Stärkelösung blau. Durch n/100 Thiosulfat wurde genau bis zum Verschwinden der blauen Jodstärkefarbe titriert. Die verbrauchte Thiosulfatmenge gibt Aufschluß über den Eiweißabbau. Der direkte Versuch, der sofort unterbrochen wurde, zeigte keinerlei Jodverbrauch mit Ausnahme der Versuche mit Peptonlösung wegen der in der Ausgangslösung bereits enthaltenen Polypeptide. Die Zusätze wurden in den Konzentration 0,25, 0,5, 1, 2 und 4 fach isotoner Lösungen verwandt.

Versuchsreihe I.

Die Pepsinversuche wurden mit den Substraten

1. Casein und Pepsin
2. Eiereiweiß und Pepsin
3. Pepton und Pepsin

durchgeführt. Bei den Versuchsansätzen von Casein und Eiereiweiß mit Pepsin traten nach Zugabe der Zusätze milchige Trübungen auf, die mit ansteigender Konzentration der Zusätze sich bis zu schneeig-flockigen Niederschlägen verdichteten. Es handelte sich dabei um Eiweißausfällungen. Die Ergebnisse der Versuchsreihe I sind in den Tabellen 1 bis 5 niedergelegt.

Tabelle 1

Pepsin und Casein

37° C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	2,2	2,2	2,2	100	100	100
0,25 isoton	2,3	2,3	2,3	105	105	105
0,5	2,3	2,2	2,2	105	100	100
1	2,2	2,1	2,1	100	95	95
2	2,1	2,0	2,0	95	91	91
4	2,0	1,9	1,9	91	86	86

Tabelle 2

Pepsin und Eiereiweiß

18° C. 12 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	2,6	2,6	2,6	100	100	100
0,25 isoton	2,9	2,9	2,6	112	112	100
0,5	2,9	2,75	2,55	112	106	98
1	2,8	2,6	2,5	108	100	96
2	2,7	2,4	2,5	104	92	96
4	2,2	1,9	2,2	84	73	84

Der Abbau der Eiweißstoffe geht bei 37° C erheblich schneller als bei Zimmertemperatur vor sich. Es zeigt sich bei Casein und Eiereiweiß in den niedrigeren der von uns verwendeten Salzkonzentrationen eine geringe Förderung, in den höheren dagegen eine beachtliche Hemmung der Eiweißverdauung u. zw. bei

Tabelle 3

Pepsin und Eiereiweiß

37 ⁰ C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	4,9	4,9	4,9	100	100	100
0,25 isotón	4,9	4,8	4,95	100	98	101
0,5	4,9	4,75	4,8	100	97	98
1	4,6	4,6	4,4	94	94	90
2	4,3	4,2	4,0	88	86	82
4	3,6	3,6	3,6	73	73	73

Tabelle 4

Pepsin und Pepton

18 ⁰ C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Direkter Vers.	3,6	3,6	3,6	0	0	0
Kontrolle	6,5	6,5	6,5	100	100	100
0,25 isoton	6,5	6,7	6,4	100	107	97
0,5	6,4	6,6	6,3	97	103	93
1	6,4	6,5	6,3	97	100	93
2	6,3	6,4	6,2	93	97	90
4	6,2	6,3	6,1	90	93	86

Casein am stärksten durch Natrium- und Kaliumchlorid, bei Eiereiweiß sogar bis zu 27% durch alle drei Salze gleichmäßig. Während bei Pepton Lithium- und Natriumchlorid kaum einen

Einfluß auszuüben vermochten, bewirkte Kaliumchlorid dagegen in der höchsten Konzentration 4 isoton. eine Hemmung von 24%. Die gefundenen Versuchsergebnisse bestätigen somit die Richtigkeit der eingangs erwähnten neueren Arbeiten von Ringer und Weiß, die ganz analoge Wirkungen feststellten im Gegensatz zu älteren Arbeiten.

Tabelle 5

Pepsin und Pepton

37 0 C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Direkter Vers.	3,6	3,6	3,6	0	0	0
Kontrolle	7,3	7,3	7,3	100	100	100
0,25 isoton	7,1	7,3	6,7	95	100	84
0,5	7,1	7,2	6,6	95	97	81
1	7,0	7,1	6,6	92	95	81
2	7,0	7,1	6,6	92	95	81
4	7,0	7,0	6,4	92	92	76

Versuchsreihe II.

In dieser Versuchsreihe wurde die Einwirkung der Alkalichloride auf die tryptische Verdauung der Eiweißstoffe untersucht. Als Substrate fanden Verwendung:

1. Casein, 2. Gelatine, 3. Pepton.

Das Verdauungsferment war Pankratin. absolut. Merck, Boratpufferlösung von pH = 8,3.

Statt Eiereiweiß, das von Pankreatin nicht angegriffen wird, wurde zu dieser Versuchsreihe Gelatine, die andererseits für die Pepsinverdauung ungeeignet ist, als Eiweißstoff genommen.

Es kann gleich allgemein gesagt werden, daß der Einfluß der

Salze bei der tryptischen Verdauung ganz ähnliche Verhältnisse schafft wie bei der Pepsinverdauung, nur mit dem Unterschied, daß der Einfluß bei der Pepsinverdauung bedeutend weitgehender ist. Die Ergebnisse dieser Reihe sind in den nachfolgenden Tabellen 6 bis 11 aufgezeichnet. Die Einwirkung der Alkalichloride auf den tryptischen Casein- und Gelatineabbau ist nur gering, am stärksten wirkt Kaliumchlorid, das in der von uns angewendeten höchsten Konzentration von 4 fach isoton. beim Casein eine Hemmung von 7% und bei Gelatine eine solche von 10% bewirkt. Stärker beeinflußt wird die Peptonverdauung und zwar hemmen hier alle 3 Salze fast gleich stark, Lithiumchlorid bis 11%, Natriumchlorid bis 13% und Kaliumchlorid bis 15%. Auch bei dieser Versuchsreihe fanden wir durch unsere Ergebnisse eine Bestätigung der von Weiß und Ringer angestellten Versuche. In der Beurteilung der Wirkungsstärke der einzelnen Alkalichloride müssen wir nach unseren Ergebnissen die am stärksten hemmende Wirkung dem Kaliumchlorid zuschreiben und uns damit der Angabe von Ringer anschließen im Gegensatz zu Weiß, der das Natriumchlorid wirksamer gefunden hatte als das Kaliumchlorid.

Tabelle 6

Pankreatin und Casein

18° C. 12 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	11,8	11,8	11,8	100	100	100
0,25 isoton	12,0	12,0	12,1	102	102	103
0,5	12,0	12,0	12,0	102	102	102
1	11,9	11,9	11,8	101	101	100
2	11,6	11,9	11,6	98	101	98
4	11,5	11,7	11,4	97	99	96

Tabelle 7

Pankreatin und Casein

18° C. 6 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	7,8	7,8	7,8	100	100	100
0,25 isoton	8,0	7,9	7,9	103	101	101
0,5	7,9	7,8	7,9	101	100	101
1	7,8	7,7	7,7	100	99	99
2	7,7	7,3	7,4	99	93	95
4	7,6	7,2	7,3	97	92	93

Tabelle 8

Pankreatin und Gelatine

18° C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	4,0	4,0	4,0	100	100	100
0,25 isoton	4,0	4,0	3,9	100	100	98
0,5	4,0	3,9	3,9	100	98	98
1	3,9	3,9	3,8	98	98	95
2	3,9	3,8	3,7	98	95	93
4	3,9	3,8	3,7	98	95	93

Tabelle 9

Pankreatin und Gelatine

37 0 C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Kontrolle	6,0	6,0	6,0	100	100	100
0,25 isoton	6,0	6,0	6,1	100	100	102
0,5	6,0	5,9	5,9	100	98	98
1	5,6	5,8	5,5	93	97	92
2	5,6	5,7	5,4	93	95	90
4	5,6	5,7	5,4	93	95	90

Tabelle 10

Pankreatin und Pepton

18 0 C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Direkter Vers.	4,7	4,7	4,7	0	0	0
Kontrolle	11,7	11,7	11,7	100	100	100
0,25 isoton	10,8	12,2	11,8	87	107	101
0,5	10,7	12,2	11,65	86	107	99
1	10,6	11,5	11,25	84	97	94
2	10,4	11,2	11,1	81	93	91
4	10,3	11,0	11,0	80	90	90

Tabelle 11

Pankreatin und Pepton

37 0 C. 5 Stunden

Konzentrationen	n/100 Jod			% vom Kontrollversuch		
	Li.	Na.	K.	Li.	Na.	K.
Direkter Vers.	4,7	4,7	4,7	0	0	0
Kontrolle	14,6	14,6	14,6	100	100	100
0,25 isoton	14,3	14,5	14,1	97	99	95
0,5	14,3	14,3	14,0	97	97	94
1	14,2	13,7	13,8	96	91	92
2	13,8	13,6	13,5	92	90	89
4	13,5	13,3	13,1	98	87	85

Zusammenfassung.

Es wurde der Einfluß der Alkalichloride Lithiumchlorid, Natriumchlorid und Kaliumchlorid auf die Eiweißverdauung untersucht. Dabei wurde gefunden, daß in den von uns verwendeten Konzentrationen von ¼ bis 4 fach isoton. bei niedrigerer Konzentration eine leichte Förderung, mit weiter ansteigender Konzentration jedoch eine starke Hemmung der Eiweißverdauung durch den Zusatz von Alkalichloriden hervorgerufen wurde. Die Einzelergebnisse sind bei den Versuchsreihen besprochen. Für die menschliche Ernährung ist der Einfluß des Natriumchlorides von besonderer Bedeutung, da das Kochsalz bei der Nahrungzubereitung eine große Rolle spielt.

Die im Schrifttum vorhandenen Widersprüche über den Einfluß der Alkalichloride auf die Eiweißverdauung wurden erörtert und zu klären versucht.

Lebenslauf.

Am 1. August 1900 wurde ich als Sohn des Konrektors Jakob Teerling und seiner Frau Swanette, geb. Freesemann, in Critzum, Kreis Leer (Ostfriesland), geboren. Ostern 1920 bestand ich die Reifeprüfung am Gymnasium zu Leer i. Ostfriesl. Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im Wintersemester 1932 in Münster. Nach drei vorklinischen Semestern legte ich im Frühjahr 1934 die zahnärztliche Vorprüfung und nach weiteren vier klinischen Semestern im Frühjahr 1936 das zahnärztliche Staatsexamen in Münster ab.

Roelof Teerling.